

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. November 2004 (04.11.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/094177 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60K 41/22, 41/28

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/002386

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. März 2004 (09.03.2004)

(72) **Erfinder; und**
(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): KOLLENDER,**
Michael [DE/DE]; Bunsenstrasse 33, 71032 Böblingen
(DE). RINK, Anton [DE/DE]; Riegelackerstrasse 16,
75365 Calw-Stammheim (DE). SCHÄFER, Joachim
[DE/DE]; Fasanenweg 10, 73642 Welzheim (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

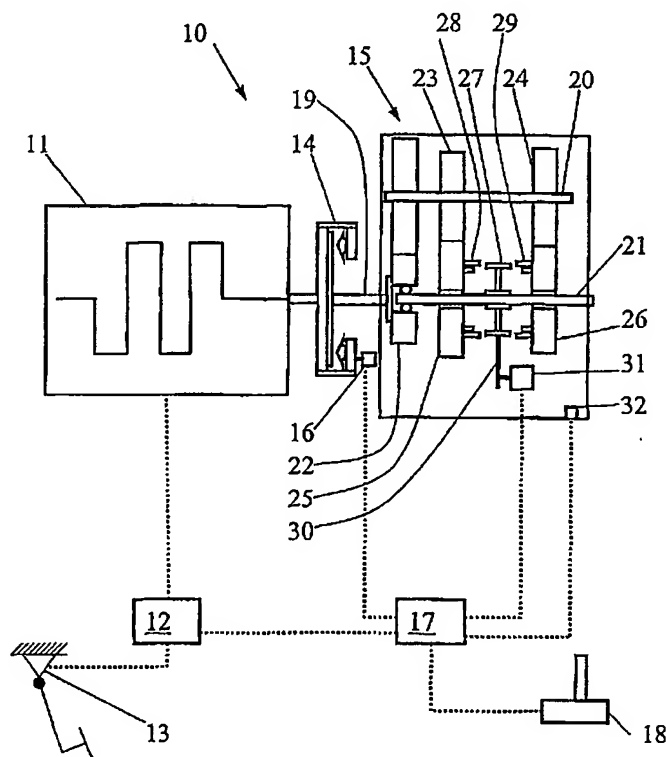
(30) Angaben zur Priorität:
103 18 033.8 19. April 2003 (19.04.2003) DE

(74) **Anwälte:** KOCHER, Klaus-Peter usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, IPM - C106, 70546 Stuttgart (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A DRIVE TRAIN OF A MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES ANTRIEBSSTRANGS EINES KRAFTFAHRZEUGS



(57) Abstract: According to the inventive method, the clutch (14) is triggered for closing before the target gear is fully engaged. A control device (17) determines a triggering moment (Anst) for the clutch (14) according to operational parameters and/or state variables of the drive train (10). The control device (17) calculates an interval (Einleg) that is required for the target gear to be fully engaged as well as an interval (Greif) required for the clutch (14) to reach a gripping point. An optimal triggering moment (Anst) is determined from said intervals such that the tractive power is interrupted for a very short time during shifting while completion of the shifting operation is ensured.

(57) Zusammenfassung: Beim erfindungsgemässen verfahren wird die Kupplung (14) zum Schliessen. angesteuert, bevor der Zielgang vollständig eingelegt ist. Eine Steuerungseinrichtung (17) bestimmt einen Ansteuerzeitpunkt (Anst) für die Kupplung (14) in Abhängigkeit von betriebs- und/oder

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/094177 A1



(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Zustandsgrößen des Antriebsstrangs (10). Die Steuerungseinrichtung (17) berechnet eine benötigte Zeitspanne (Einleg), die bis zum vollständigen Einlegen des Zielgangs notwendig ist, und eine Zeitspanne (Greif), die bis zum Erreichen eines Greifpunkts der Kupplung (14) notwendig ist. Aus diesen Zeitspannen wird ein optimaler Ansteuerzeitpunkt (Anst) ermittelt. Damit wird die Zugkraftunterbrechung bei einer Schaltung sehr kurz. Gleichzeitig wird der Abschluss der Schaltung sichergestellt.

Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs
eines Kraftfahrzeugs

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

In der EP 0 695 665 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs beschrieben. Das Kraftfahrzeug verfügt über ein automatisiertes Zahnräderwechselgetriebe in Form eines hilfskraftbetätigten Schaltgetriebes, eine Steuerungseinrichtung in Form einer Getriebe-Steuer-einheit und eine automatisierte Kupplung in Form einer Kupplung, welche von der Getriebe-Steuereinheit ein- und ausgerückt werden kann. Bei einer Schaltung von einem Ursprungsgang in einen Zielgang des Zahnräderwechselgetriebes wird die Kupplung von der Steuerungseinrichtung geöffnet beziehungsweise ausgerückt. Die Schaltung besteht aus verschiedenen Phasen, wobei eine Phase erst beginnt, wenn die vorhergehende Phase komplett abgeschlossen ist. Beispielsweise wird die Kupplung erst geschlossen, wenn das Einlegen des Zielgangs abgeschlossen ist. Die Schaltung ist abgeschlossen, wenn der Zielgang eingelegt und die Kupplung wieder geschlossen beziehungsweise eingerückt ist.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, ein Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs vorzuschlagen, welches schnelle Schaltungen ermöglicht und gleichzeitig die vollständige Durchführung der Schaltungen sicherstellt. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Die Steuerungseinrichtung steuert die Kupplung zum Schließen erfindungsgemäß an, bevor der Zielgang vollständig eingelegt ist. Der Zielgang wird bei einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe mittels eines Schaltaktors, welcher von der Steuerungseinrichtung angesteuert wird, eingelegt. Er ist dann vollständig eingelegt, wenn ein bei der Schaltung betätigtes Schaltelement des Zielgangs, beispielsweise eine Schiebemuffe, und damit auch der Schaltaktor selbst eine Zielposition erreicht haben. Das Einlegen des Zielgangs und die Ansteuerung und somit das Schließen der Kupplung laufen damit zumindest teilweise parallel ab.

Die automatisierte Kupplung, welche insbesondere zwischen einer Antriebsmaschine und dem Zahnradwechselgetriebe angeordnet ist, kann mittels eines Kupplungsaktors, welcher von der Steuerungseinrichtung angesteuert wird, geöffnet und geschlossen werden. Bei offener Kupplung sind die Antriebsmaschine und das Getriebe getrennt und bei geschlossener Kupplung verbunden. Die Steuerungseinrichtung kann dabei jede gewünschte Kupplungsposition zwischen vollständig offen und vollständig geschlossen einstellen. Die Kupplung und das Zahnradwechselgetriebe können auch von zwei getrennten Steuerungseinrichtungen angesteuert werden.

Die Steuerungseinrichtung bestimmt einen Ansteuerzeitpunkt für die Kupplung in Abhängigkeit von Betriebs- und/oder Zustandsgrößen des Antriebsstrangs. Der Ansteuerzeitpunkt ist

der Zeitpunkt, bei dem die Steuerungseinrichtung beginnt, den Kupplungsaktor so anzusteuern, dass die Kupplung geschlossen wird.

Betriebsgrößen sind beispielsweise:

- Drehzahlen und Drehzahlgradienten der Kupplung und des Zahnräderwechselgetriebes,
- Drehmomente der Antriebsmaschine, an der Kupplung und am Zahnräderwechselgetriebe,
- die Kupplungsposition,
- eine Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs,
- Ansteuersignale für die Aktoren der Kupplung und des Zahnräderwechselgetriebes und
- eine Temperatur der Kupplung und des Zahnräderwechselgetriebes.

Zustandsgrößen sind beispielsweise:

- eine Reaktionszeit der Kupplung, also eine Zeit zwischen Ansteuerung und tatsächlicher Positionsänderung der Kupplung,
- eine Zeit, die zum Einlegen des Zielgangs benötigt wird,
- eine Synchrondrehzahl des Zielgangs, also die Drehzahl einer Getriebeeingangswelle, welche sich bei einer aktuellen Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bei eingelegtem Zielgang einstellt,
- eine Schaltungsart, also Hoch- oder Rückschaltung und
- ein Schaltungsmodus, der angibt, ob eine Schaltung sportlich oder komfortabel ausgeführt wird.

Die Reaktionszeit der Kupplung muss insbesondere bei einer hydraulischen Betätigung der Kupplung, also bei Verwendung eines hydraulischen Kupplungsaktors beachtet werden. Die Reaktionszeit oder auch Totzeit der hydraulischen Ansteuerung kann zwischen 30 und 50 ms betragen.

Um den Zielgang sicher einlegen zu können, dürfen die am Einlegen beteiligten Schaltglieder des Zahnräderwechselgetriebes, beispielsweise eine Schiebemuffe und ein Zahnrad, nicht mit Drehmoment beaufschlagt sein. Dies wird durch ein Öffnen der Kupplung während der Schaltung erreicht. Das Einlegen muss abgeschlossen sein, bevor die Kupplungsposition einen sogenannten Greifpunkt erreicht. Beim Greifpunkt treten Kupplungsscheiben miteinander in Kontakt, die Kupplung kann also ab dieser Position Drehmoment übertragen. Damit kann also nach Erreichen des Greifpunkts, Drehmoment von der Antriebsmaschine über die Kupplung auf das Zahnräderwechselgetriebe übertragen werden und damit das Einlegen des Zielgangs unmöglich machen. Diese Maßgabe wird von der Steuerungseinrichtung bei der Bestimmung des Ansteuerzeitpunkts für die Kupplung berücksichtigt.

Damit ist die für die Schaltung benötigte Zeit, die sogenannte Schaltzeit kurz, da das Einlegen des Zielgangs und die Ansteuerung und das Schließen der Kupplung zumindest teilweise parallel ablaufen. Somit wird die Zugkraftunterbrechung, also die Zeit in der die Antriebsmaschine kein Drehmoment über das Zahnräderwechselgetriebe auf angetriebene Fahrzeugräder abgeben kann, sehr kurz. Ein Fahrzeugführer kann damit kurz nach Auslösen einer Schaltung das Kraftfahrzeug wieder beschleunigen. Gleichzeitig wird durch das erfindungsgemäße Verfahren das Einlegen des Zielgangs, also der Abschluss der Schaltung sichergestellt. Damit werden sicherheitskritische Fahrsituationen, in den beispielsweise der Fahrzeugführer das Kraftfahrzeug beschleunigen muss, aber auf Grund eines nicht eingelegten Gangs nicht kann, verhindert.

In Ausgestaltung der Erfindung bestimmt die Steuerungseinrichtung den Ansteuerzeitpunkt in Abhängigkeit von einem

Sollverlauf einer Kupplungsposition beim Schließen der Kupplung. Die Steuerungseinrichtung bestimmt aus dem Sollverlauf die Ansteuerung, also einen Verlauf eines Ansteuersignals, für die Kupplung beziehungsweise den Kupplungsaktor. Der Sollverlauf der Kupplungsposition kann damit auch indirekt in Form eines Sollverlaufs des Ansteuersignals berücksichtigt werden. Die Zeitspanne zwischen dem Ansteuerzeitpunkt und dem Erreichen des Greifpunkts ist maßgeblich vom Sollverlauf der Kupplungsposition abhängig. Durch Berücksichtigung des Sollverlaufs kann die genannte Zeitspanne sehr genau bestimmt werden und damit der Ansteuerzeitpunkt in Hinblick auf die Schaltzeit und den sicheren Abschluss der Schaltung genau bestimmt werden.

In Ausgestaltung der Erfindung weist der Sollverlauf der Kupplungsposition innerhalb eines Bereichs um den Greifpunkt der Kupplung einen kleineren Gradienten auf als außerhalb des genannten Bereichs. Der Bereich muss im Bezug auf den Greifpunkt nicht symmetrisch ausgeführt sein. Außerdem kann der Gradient des Sollverlaufs vor und nach dem Greifpunkt unterschiedlich sein und der Gradient kann sich auch ändern. Der Gradient kann insbesondere abschnittsweise konstant sein. Beispielsweise kann der Verlauf von einer Startposition bis zum Erreichen des Bereichs um den Greifpunkt einen ersten Gradienten, innerhalb des Bereichs einen zweiten Gradienten, anschließend einen dritten Gradienten und in einem Bereich vor Erreichen der geschlossenen Position einen vierten Gradienten aufweisen. Dabei ist der erste Gradient größer als der zweite; der dritte ebenfalls größer als der zweite und der vierte kleiner als der dritte Gradient. Der kleinere vierte Gradient dient beispielsweise dazu, dass ein anschließend aktivierter Kupplungsregler vollständig initialisiert werden kann.

Die Kupplungsposition nähert sich damit schnell bis auf einen einstellbaren Abstand an den Greifpunkt an, erreicht den Greifpunkt mit einer geringen Geschwindigkeit und ändert sich anschließend wieder schnell in Richtung der geschlossenen Position. Die Position des Greifpunkts ist dazu in der Steuerungseinrichtung abgespeichert. Zusätzlich kann der Greifpunkt durch an sich bekannte Verfahren adaptiert werden.

Bei einem zu großen Gradienten des Sollverlaufs, also einer zu schnellen Änderung der Kupplungsposition bei Erreichen des Greifpunkts treffen die Kupplungsscheiben mit einer großen Geschwindigkeit aufeinander, was zu einem spürbaren Ruck oder einem Geräusch führen kann. Würde die Kupplung ausschließlich mit einer Geschwindigkeit geschlossen, bei der kein Ruck bei Erreichen des Greifpunkts auftreten kann, so würde das Schließen der Kupplung und damit auch die Schaltung sehr lange dauern.

Mit dem beschriebenen Sollverlauf der Kupplungsposition wird ein schnelles Schließen der Kupplung und damit eine kurze Schaltzeit und gleichzeitig eine komfortable Schaltung ermöglicht. Außerdem kann das Schließen der Kupplung durch Änderung der Gradienten außerhalb des genannten Bereichs verändert, beispielsweise an eine Fahrweise des Fahrzeugführers angepasst werden, ohne dass sich das Verhalten bei Erreichen des Greifpunktes ändern würde.

In Ausgestaltung der Erfindung ermittelt die Steuerungseinrichtung eine erste Zeitspanne, welche notwendig ist, um den Zielgang einzulegen. Dies wird insbesondere während einer Synchronisation der Getriebeeingangswelle auf die Synchrondrehzahl im Zielgang durchgeführt, da ausgehend von einem Drehzahlgradient der Getriebeeingangswelle auf das Ende der Synchronisation und von dort weiter auf den Zeitpunkt, bei

dem der Zielgang eingelegt ist, vorausberechnet werden kann. Die Zeit zum sogenannten Durchschalten des Zielgangs, also dem Einlegen des Zielgangs nach erfolgter Synchronisation, kann in Abhängigkeit von beispielsweise dem Zielgang, dem Sollverlauf des Ansteuersignals und/oder einer Temperatur des Zahnradwechselgetriebes aus einem abgespeicherten Kennfeld oder mittels einer Modellrechnung bestimmt werden. Falls die Kupplung sehr schnell geschlossen werden kann, also die Zeitspanne zwischen dem Ansteuerzeitpunkt und dem Erreichen des Greifpunkts kürzer oder nur geringfügig länger ist als die benötigte Zeit zum Durchschalten des Zielgangs, kann das Ende der Synchronisation auch erfasst und ausgehend von diesem Zeitpunkt weiter gerechnet werden.

Zusätzlich ermittelt die Steuerungseinrichtung eine zweite Zeitspanne, welche notwendig ist, um den Greifpunkt der Kupplung zu erreichen. Diese Zeitspanne wird, wie schon beschrieben, aus einer aktuellen Position der Kupplung und einem Sollverlauf der Kupplungsposition bestimmt.

Aus den genannten Zeitspannen ermittelt die Steuerungseinrichtung den Ansteuerzeitpunkt. Die Ermittlung geht aus von dem mittels der ersten Zeitspanne vorausberechneten Zeitpunkt, bei dem der Zielgang eingelegt sein wird. Unter Berücksichtigung der zweiten Zeitspanne kann damit ermittelt werden, wann der Ansteuerzeitpunkt frühestens liegen darf, damit der Greifpunkt nicht vor dem Einlegen des Zielgangs erreicht wird. Damit kann ein geeigneter Ansteuerzeitpunkt sehr genau festgelegt werden.

In Ausgestaltung der Erfindung berücksichtigt die Steuerungseinrichtung bei der Bestimmung des Ansteuerzeitpunkts eine Sicherheitszeitdauer. Der Ansteuerzeitpunkt wird beispielsweise um die Sicherheitszeitdauer nach hinten also auf einen

späteren Zeitpunkt verschoben. Damit wird einer nicht vermeidbaren Unsicherheit der Vorausberechnung der genannten Zeitspannen Rechnung getragen. Die Unsicherheiten haben beispielsweise ihre Ursache in einem Verschleiß der an der Schaltung beteiligten Bauelemente, einer Bauteilstreuung, beispielsweise der Aktoren, und/oder einer Reaktionszeit bei der Einstellung der Sollkupplungsposition.

Mit der Berücksichtigung der Sicherheitszeitdauer wird gewährleistet, dass die Schaltung auch sicher abgeschlossen werden kann.

In Ausgestaltung der Erfindung ist die Sicherheitszeitdauer veränderbar. Die genannten Einflüsse auf die Unsicherheiten bei der Vorausberechnung der beiden Zeitspannen können sich während des Betriebs des Kraftfahrzeugs ändern. Durch eine entsprechende Veränderung, also eine sogenannte Adaption der Sicherheitszeitdauer kann der Ansteuerzeitpunkt optimal an die aktuellen Begebenheiten angepasst werden. Dies ermöglicht kurze Schaltzeiten und gewährleistet gleichzeitig, dass die Schaltung sicher abgeschlossen werden kann.

In Ausgestaltung der Erfindung vergleicht die Steuerungseinrichtung während des Schließens der Kupplung die Kupplungsposition mit einem Fortgang des Einlegens des Zielgangs. Ein Maß für den Fortgang ist beispielsweise eine gemessene Position des Schaltaktors. Beispielsweise sollte der Zielgang eingelegt sein, wenn die Kupplung eine bestimmte Position erreicht. In Abhängigkeit eines Ergebnisses des Vergleichs ändert die Steuerungseinrichtung den Sollverlauf der Kupplungsposition. Dabei kann sie beispielsweise das Schließen der Kupplung abbrechen, die Kupplungsposition konstant halten oder den Gradienten des Sollverlaufs verringern.

Die Steuerungseinrichtung prüft damit während des Schließens der Kupplung ab, ob das Einlegen des Zielgangs vor dem Schließen der Kupplung überhaupt noch möglich ist oder ob, beispielsweise auf Grund einer Fehlfunktion des Schaltaktors, der Zielgang nicht mehr rechtzeitig eingelegt werden kann. Damit wird gegebenenfalls frühzeitig erkannt, dass die Schaltung ohne Eingriff in die Ansteuerung der Kupplung nicht abgeschlossen werden könnte. In diesem Fall wird die Kupplung wieder geöffnet und somit das Einlegen des Zielgangs ermöglicht.

Damit wird der Abschluss der Schaltung auch bei einer fehlerhaften Bestimmung des Ansteuerzeitpunkts oder bei einem Auftreten von unvorhersehbaren Ereignissen gewährleistet.

In Ausgestaltung der Erfindung wird die genannte Sicherheitszeitdauer in Abhängigkeit von einer dritten Zeitspanne zwischen einem Zeitpunkt, bei dem der Zielgang vollständig eingelegt ist, und einem Zeitpunkt, bei dem die Kupplung den Greifpunkt erreicht, verändert. Ist beispielsweise die dritte Zeitspanne kürzer als ein Sollwert so kann die Sicherheitszeitdauer verlängert und damit die dritte Zeitdauer verlängert werden. Eine Verkürzung ist ebenfalls möglich. Damit kann die dritte Zeitdauer auf einen Sollwert oder in einen Bereich um einen Sollwert eingestellt werden.

Die Sicherheitszeitdauer kann außerdem in Abhängigkeit von dem Ergebnis des genannten Vergleichs der Kupplungsposition mit dem Fortgang des Einlegens des Zielgangs verändert werden. Musste beispielsweise die Kupplung wieder geöffnet werden, so ist dies ein Hinweis, dass die Berechnung der ersten und zweiten Zeitdauer nicht korrekt war oder dass eine Fehlfunktion vorliegt. In diesem Fall kann beispielsweise die Sicherheitszeitdauer verlängert werden.

Zusätzlich kann die Sicherheitszeitdauer in Abhängigkeit von einem Fehlschlagen des Einlegens des Zielgangs durch ein zu frühes Erreichen des Greifpunkts verändert werden. Bei einem Fehlschlagen kann beispielsweise die Sicherheitszeitdauer verlängert werden. Die Sicherheitszeitdauer kann damit optimal an eine Vorgabe und an die tatsächlichen Begebenheiten angepasst werden.

In Ausgestaltung der Erfindung verändert die Steuerungseinrichtung den Sollverlauf der Kupplungsposition in Abhängigkeit des genannten Vergleichs der Kupplungsposition mit dem Fortgang des Einlegens des Zielgangs. Wenn die Kupplung wieder geöffnet werden musste, so kann beispielsweise der Sollverlauf so verändert werden, dass die Kupplung langsamer geschlossen wird. Damit kann bei gleichbleibender Schaltzeit der Komfort der Schaltung erhöht werden.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus der Beschreibung und der Zeichnung hervor. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 einen Ausschnitt eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit einer automatisierten Kupplung und einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe und
- Fig. 2 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb des Antriebsstrangs bei einer Schaltung.

Gemäß Fig.1 verfügt ein Antriebsstrang 10 eines nicht dargestellten Kraftfahrzeugs über eine Antriebsmaschine 11, welche von einer Steuerungseinrichtung 12 angesteuert wird. Die

Steuerungseinrichtung 12 steht mit einem Leistungsstellorgan 13 in Signalverbindung, mittels welchem ein Fahrzeugführer Vorgaben für die Stellung einer Drosselklappe oder einem abgegebenen Drehmoment der Antriebsmaschine 11 machen kann.

Die Antriebsmaschine 11 ist mittels einer automatisierten Kupplung 14 mit einem automatisierten Zahnräderwechselgetriebe 15 verbunden. Mittels der Kupplung 14 kann ein Kraftfluss zwischen der Antriebsmaschine 11 und dem Zahnräderwechselgetriebe 15 hergestellt und getrennt werden. Die Kupplung 14 wird von einem Kupplungsaktor 16 in Form einer hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit betätigt. Die notwendigen Hydraulikleitungen, Ventile und Hydraulikpumpe sind nicht dargestellt. Der Kupplungsaktor 16 wird von der Steuerungseinrichtung 17 angesteuert. Außerdem erfasst der Kupplungsaktor 31 seine aktuelle Position und damit die Kupplungsposition und sendet diese an die Steuerungseinrichtung 17. Die Steuerungseinrichtung 17 steht außerdem mit einem Schalthebel 18 in Signalverbindung, mittels welchem der Fahrzeugführer Schaltungen im Zahnräderwechselgetriebe 15 auslösen kann. Alternativ dazu können Schaltungen auch von der Steuerungseinrichtung 17 in Abhängigkeit von an sich bekannten Schaltkennfeldern ausgelöst werden.

Das Zahnräderwechselgetriebe 15 verfügt über eine Getriebeeingangswelle 19, welche mit der Kupplung 14 verbunden ist, eine Vorgelegewelle 20 und eine Getriebeausgangswelle 21, welche über ein nicht dargestelltes Achsgetriebe mit nicht dargestellten angetriebenen Rädern des Kraftfahrzeugs verbunden ist. Die Getriebeeingangswelle 19 ist mittels einer Konstanten 22 mit der Vorgelegewelle 20 verbunden. Auf der Vorgelegewelle 20 sind drehfest zwei Festräder 23, 24 für den 1. und 2. Gang des Zahnräderwechselgetriebes 15 angeordnet. Die Festräder 23, 24 kämmen mit zugehörigen Losrädern 25, 26, welche verdrehbar auf der Getriebeausgangswelle 21 angeordnet sind. Mittels einem auf der Getriebeausgangswelle 21 verdrehbar und axial beweglich angeordneten, als Schiebemuffe

ausgeführten Schaltelements 27 kann jeweils eines der beiden Losräder 25, 26 verdrehsicher mit der Getriebeausgangswelle 21 verbunden werden. An den Losrädern 25, 26 sind außerdem Synchronisierungen 28, 29 angeordnet, welche vom Schaltelelement 27 betätigt werden können. Mittels der Synchronisierungen 28, 29 wird eine Drehzahlangleichung bei einer Schaltung erreicht.

Im 1. Gang ist das Losrad 25 mittels des Schaltelements 27 mit der Getriebeausgangswelle 21 verbunden. Bei einer Schaltung vom 1. in den 2. Gang wird als erstes das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 11 verringert und die Kupplung 14 geöffnet. Anschließend wird das Schaltelelement 27 in die dargestellte Neutralposition gebracht und anschließend durch weitere axiale Verschiebung zuerst die Drehzahl der Vorgelegewelle 20 und der Getriebeeingangswelle 19 auf die Drehzahl des 2. Gangs, die Synchrongeschwindigkeit, gebracht und dann das Losrad 26 mit der Getriebeausgangswelle 21 verdrehsicher verbunden und damit der 2. Gang eingelegt. Damit ist der 2. Gang im Zahnradwechselgetriebe 15 eingelegt. Zumindest teilweise parallel mit dem Einlegen des 2. Gangs wird die Kupplung 14 geschlossen und anschließend das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 11 wieder erhöht.

Das Schaltelelement 27 ist über ein Verbindungselement 30 mit einem Schaltaktor 31 in Form einer hydraulischen Kolben-Zylinder-Einheit verbunden. Die notwendigen Hydraulikleitungen, Ventile und Hydraulikpumpe sind nicht dargestellt. Der Schaltaktor 31 wird von der Steuerungseinrichtung 17 mittels eines Ansteuersignals angesteuert. Außerdem erfasst der Schaltaktor 31 seine aktuelle Position und damit die Position des Schaltelements 27 und sendet diese an die Steuerungseinrichtung 17. Damit kann das Schaltelelement 27 nach Maßgabe der Steuerungseinrichtung 17 axial entlang der Getriebeausgangswelle 21 verschoben und die Gänge des Zahnradwechselgetriebes 15 ein- und ausgelegt werden.

Zusätzlich steht die Steuerungseinrichtung 17 mit einem Temperatursensor 32, welcher innerhalb des Zahnräderwechselgetriebes 15 angeordnet ist, in Signalverbindung. Mit Hilfe des Temperatursensors 32 kann eine Temperatur des Zahnräderwechselgetriebes 15 gemessen werden.

Das Zahnräderwechselgetriebe kann weitere Gänge aufweisen, welche über weitere Schaltelemente ein- und auslegbar sind. In diesem Fall wird bei einer Schaltung nach dem Auslegen des Ursprungsgangs zuerst das Schaltelement des Zielgangs mittels eines Wählaktors ausgewählt und anschließend der Zielgang eingelegt.

Gemäß Fig. 2 beginnt ein Verfahren zum Betrieb des Antriebsstrangs bei einer Schaltung mit einer Schaltanforderung in Block 40. Die Schaltanforderung kann vom Fahrzeugführer mit dem Schalthebel 16 oder von der Steuerungseinrichtung 17 direkt ausgelöst werden. Das Verfahren wird von der Steuerungseinrichtung 17 in einem festen Zeittakt, beispielsweise mit einer Taktzeit von 10 ms, ausgeführt.

Im folgenden Block 41 wird das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 11 reduziert und die Kupplung 14 geöffnet. Außerdem wird der Ursprungsgang mittels des Schaltaktors 31 ausgelegt und die Schiebemuffe 27 in Richtung Losrad des Zielgangs bewegt. Die Steuerungseinrichtung 17 steuert den Schaltaktor 31 also so an, dass der Zielgang eingelegt wird. Der Zielgang wird aber in Block 41 noch nicht eingelegt, sondern der Einlegevorgang wird lediglich gestartet und während der Bearbeitung der folgenden Blöcke fortgeführt.

Im folgenden Abfrageblock 42 wird geprüft, ob die Synchronisation schon begonnen hat und ob eine einstellbare Zeitdauer

seit Beginn der Synchronisation abgelaufen ist. Der Beginn der Synchronisation wird anhand der Position des Schaltaktors 31 ermittelt. Die Position des Schaltaktors 31 bei Beginn der Synchronisation ist bekannt. Fällt die Prüfung positiv aus, so wird das Verfahren im Block 43 fortgeführt. Bei einem negativen Ergebnis wird der Abfrageblock 42 wiederholt. An dieser Stelle sei erwähnt, dass bei allen Abfrageblöcken in der Fig. 2 das Verfahren bei einem positiven Ergebnis der Prüfung entsprechend dem Ausgang des Abfrageblocks nach unten und bei einem negativen Ergebnis entsprechend dem Ausgang zur Seite fortgesetzt wird.

Während der Synchronisation ändert sich die Drehzahl der Getriebeeingangswelle 19. Dabei dauert es eine gewisse Zeit, bis sich ein nahezu konstanter Gradient der Drehzahl einstellt. Aus diesem Grund wird der Block 43 erst eine Zeitdauer nach Beginn der Synchronisation ausgeführt. Im Block 43 wird der Gradient $grad_{Gew}$ der Drehzahl n_{Gew} der Getriebeeingangswelle 19 aus den Drehzahlen n_{Gew1} und n_{Gew2} bei zwei Messungen der Drehzahl n_{Gew} und den Zeitpunkten t_1 und t_2 der Messungen ermittelt.

$$grad_{Gew} = \frac{n_{Gew2} - n_{Gew1}}{t_2 - t_1}$$

Die Synchronisation ist abgeschlossen, wenn die Drehzahl n_{Gew} die Synchrodrehzahl n_{Sync} des Zielgangs erreicht. Die Synchrodrehzahl n_{Sync} ergibt sich aus der Drehzahl n_{Gaw} der Getriebeausgangswelle 21 und der Übersetzung des Zielgangs i_{Ziel} . Die Drehzahl n_{Gaw} kann direkt gemessen oder aus Drehzahlen der angetriebenen Fahrzeugräder und einer Achsübersetzung berechnet werden.

$$n_{Sync} = n_{Gaw} * i_{Ziel}$$

Ausgehend vom Zeitpunkt t_2 wird außerdem im Block 43 die noch notwendige Synchronisierzeit Δt_{Sync} aus der Drehzahl n_{Gew2} , dem Gradient grad_{Gew} und der Synchrondrehzahl n_{Sync} berechnet:

$$\Delta t_{\text{Sync}} = \frac{n_{\text{Sync}} - n_{\text{Gew2}}}{\text{grad}_{\text{Gew}}}$$

Im folgenden Block 44 wird eine Durchschaltzeit Δt_{Durch} ermittelt, die nach Abschluss der Synchronisierung notwendig ist, um den Zielgang einzulegen. Die Durchschaltzeit Δt_{Durch} wird aus einem in der Steuerungseinrichtung 17 gespeicherten Kennfeld in Abhängigkeit vom Zielgang, einem Sollverlauf des Ansteuersignals des Schaltaktors 31 und einer im Zahnräderwechselgetriebe 15 gemessenen Temperatur bestimmt. Die Kennfeldwerte werden in einer Entwicklungsphase anhand von Messungen ermittelt und abgespeichert. Die gespeicherten Werte können im Betrieb des Kraftfahrzeugs mittels eines Vergleichs der gespeicherten Werte mit gemessenen Werten adaptiert werden.

Aus der notwendigen Synchronisierzeit Δt_{Sync} und der Durchschaltzeit Δt_{Durch} wird eine Zeitspanne Δt_{Einleg} bestimmt, die ausgehend vom Zeitpunkt t_2 notwendig ist, um den Zielgang einzulegen.

$$\Delta t_{\text{Einleg}} = \Delta t_{\text{Sync}} + \Delta t_{\text{Durch}}$$

Im folgenden Block 45 wird eine Zeitspanne Δt_{Greif} ermittelt, welche notwendig ist, um die Kupplung 14 aus einer aktuellen Kupplungsposition zum Greifpunkt zu bringen. Aus dem Sollverlauf der Kupplungsposition wird eine Zeitspanne Δt_{ideal} bestimmt, welche notwendig wäre, wenn die Kupplungsposition dem

Sollverlauf ideal folgen würde. Zu dieser Zeitspanne Δt_{ideal} wird eine Reaktionszeit Δt_{Reak} hinzuaddiert.

$$\Delta t_{Greif} = \Delta t_{ideal} + \Delta t_{Reak}$$

Im Block 46 wird ausgehend vom Zeitpunkt t_2 der Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} bestimmt, an welchem die Steuerungseinrichtung 17 beginnt, den Kupplungsaktor 16 so anzusteuern, dass die Kupplung 14 geschlossen wird. Der Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} wird so bestimmt, dass die Kupplungsposition den Greifpunkt kurz nach dem Einlegen des Zielgangs erreicht. Um unvermeidbare Unsicherheiten bei der Vorausberechnung der genannten Zeiten und Zeitspannen ausgleichen zu können, wird bei der Bestimmung des Ansteuerzeitpunkts t_{Anst} noch eine Sicherheitszeitdauer Δt_{Sich} berücksichtigt, um welche t_{Anst} nach hinten verschoben wird. Der Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} berechnet sich nach folgender Formel:

$$t_{Anst} = t_2 + \Delta t_{Einleg} + \Delta t_{Sich} - \Delta t_{Greif}$$

Anschließend wird im Abfrageblock 47 geprüft, ob der Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} erreicht ist. Ist dies nicht der Fall, so wird der Abfrageblock 47 wiederholt. Bei Erreichen des Ansteuerzeitpunkts t_{Anst} beginnt die Steuerungseinrichtung 17 in Block 48 den Kupplungsaktor 16 entsprechend einem Sollverlauf der Kupplungsposition so anzusteuern, dass mit dem Schließen der Kupplung 14 begonnen wird. Die Kupplung 14 wird im Block 48 nicht vollständig geschlossen, sondern der Schließvorgang dauert noch während der Abarbeitung von weiteren Blöcken an.

Im folgenden Abfrageblock 49 wird die Kupplungsposition mit der Position des Schaltaktors 31 verglichen. Die Kupplungsposition und die Schaltaktorposition werden dabei in [%] vom

jeweilig notwendigen Gesamtweg angegeben. Beim Schaltaktor 31 also abhängig vom Gesamtweg bis zum Einlegen des Zielgangs und bei der Kupplungsposition abhängig vom Weg bis zum Erreichen des Greifpunkts. Der Abfrageblock 49 liefert ein negatives Ergebnis, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- bei Erreichen einer ersten Prüfposition durch die Kupplungsposition ist der Zielgang noch nicht eingelegt,
- die Integration der Differenz in [%] zwischen der Kupplungs- und der Schaltaktorposition ist größer als ein erster Grenzwert,
- bei Erreichen einer zweiten Prüfposition durch die Kupplungsposition ist die Differenz in [%] zwischen der Kupplungs- und der Schaltaktorposition größer als ein zweiter Grenzwert,
- für eine Zeitspanne war oder ist ein Gradient der Kupplungsposition größer als ein Gradient der Schaltaktorposition und gleichzeitig ist die Kupplungsposition größer als eine dritte Prüfposition und die Schaltaktorposition ist kleiner als eine Grenzposition und
- eine wiederholte Vorausberechnung der Kupplungs- und Schaltaktorposition ausgehend von der aktuellen Zeit und aktuellen Werten ergibt, dass die Kupplungsposition eine maximal zulässige Position erreicht bevor der Gang eingelegt ist.

Wenn eine der genannten Bedingungen erfüllt ist, besteht die Gefahr, dass der Greifpunkt zu schnell erreicht wird und der Zielgang damit nicht mehr eingelegt werden kann.

Bei einem positiven Ergebnis, wenn also keine der Bedingungen erfüllt ist, wird im Abfrageblock 50 geprüft, ob der Zielgang eingelegt und der Greifpunkt erreicht ist. Bei einem negativen Ergebnis wird der Abfrageblock 49 wiederholt; bei einem

positiven Ergebnis wird das Verfahren in Block 51 fortgeführt.

Bei einem negativen Ergebnis im Abfrageblock 49, also wenn eine der genannten Bedingungen erfüllt ist, wird in Block 52 die Kupplung 14 wieder geöffnet, womit das Einlegen des Zielgangs sicher ermöglicht wird. Im darauffolgenden Abfrageblock 53 wird geprüft, ob der Zielgang eingelegt ist. Bei einem negativen Ergebnis wird der Abfrageblock 53 wiederholt.

Bei einem positiven Ergebnis im Abfrageblock 53 wird in Block 54 die Kupplung 14 geschlossen. Das Verfahren wird erst weitergeführt, wenn der Greifpunkt erreicht ist. Anschließend wird das Verfahren ebenfalls im Block 51 fortgeführt.

Im Block 51 wird eine Adaption der Sicherheitszeitdauer Δt_{Sich} durchgeführt. Dabei wird geprüft, ob die tatsächliche Zeitspanne Δt_{Tats} zwischen dem tatsächlichen Einlegen des Zielgangs und dem tatsächlichen Erreichen des Greifpunkts innerhalb eines Toleranzbereichs um eine Soll-Zeitdauer Δt_{Soll} liegt. Ist die tatsächliche Zeitspanne Δt_{Tats} länger eine obere Grenze des Toleranzbereichs, so wird Δt_{Sich} um einen Wert verringert; ist Δt_{Tats} kürzer als eine untere Grenze des Toleranzbereichs, so wird Δt_{Sich} um einen Wert vergrößert. Der Wert kann dabei fest vorgegeben oder von der tatsächlichen Zeitspanne abhängig sein.

Falls der Abfrageblock 49 ein negatives Ergebnis geliefert hat, also die Kupplung 14 im Block 52 noch einmal geöffnet wurde, wird die Soll-Zeitdauer Δt_{Soll} und damit auch indirekt Δt_{Sich} um einen Wert verlängert. Der Wert kann dabei fest vor-

gegeben oder von der Kupplungs- und Schaltaktorposition zum Zeitpunkt der Bearbeitung des Abfrageblock 49 abhängig sein.

Nach der Verarbeitung von Block 51 wird in Block 55 das Drehmoment der Antriebsmaschine 11 wieder auf die Vorgabe des Fahrzeugführers eingestellt. Die Schaltung und das Verfahren sind damit in Block 56 abgeschlossen.

Das Drehmoment der Antriebsmaschine 11 kann auch parallel zum Schließen der Kupplung 14 erhöht werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit
 - einem automatisierten Zahnräderwechselgetriebe (15),
 - einer automatisierten Kupplung (14) und
 - einer Steuerungseinrichtung (17) zur Ansteuerung des Zahnräderwechselgetriebes (15) und der Kupplung (14),wobei bei einer Schaltung von einem Ursprungsgang in einen Zielgang des Zahnräderwechselgetriebes (15) die Kupplung (14) geöffnet wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerungseinrichtung (17)
 - die Kupplung (14) zum Schließen ansteuert, bevor der Zielgang vollständig eingelegt ist und
 - einen Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} für die Kupplung (14) in Abhängigkeit von Betriebs- und/oder Zustandsgrößen des Antriebsstrangs (10) bestimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerungseinrichtung (17) den Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} in Abhängigkeit von einem Sollverlauf einer Kupplungsposition beim Schließen der Kupplung (14) bestimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Sollverlauf innerhalb eines Bereichs um einen Greifpunkt der Kupplung (14) einen kleineren Gradienten aufweist als außerhalb des genannten Bereichs.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerungseinrichtung (17)
 - eine erste Zeitspanne Δt_{Einleg} , welche notwendig ist, um den Zielgang einzulegen und
 - eine zweite Zeitspanne Δt_{Greif} , welche notwendig ist, um den Greifpunkt der Kupplung (14) zu erreichen ermittelt undaus den genannten Zeitspannen den Ansteuerzeitpunkt t_{Anst} bestimmt.
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerungseinrichtung (17) bei der Bestimmung des Ansteuerzeitpunkts t_{Anst} eine Sicherheitszeitdauer Δt_{Sich} berücksichtigt.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Sicherheitszeitdauer Δt_{Sich} veränderbar ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuerungseinrichtung (17)
 - während des Schließens der Kupplung (14) die Kupplungsposition mit einem Fortgang des Einlegens des Zielgangs vergleicht und

- in Abhängigkeit eines Ergebnisses des Vergleichs den Sollverlauf der Kupplungsposition ändert.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Steuerungseinrichtung (17) nach Abbruch des Schließens der Kupplung (17) die Kupplung (14) wieder öffnet und erst nachdem der Zielgang vollständig eingelegt ist, die Kupplung (14) wieder beginnt zu schließen.
9. Verfahren nach Anspruch 6, 7 oder 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Sicherheitszeitdauer Δt_{Sich} in Abhängigkeit von
- einer dritten Zeitspanne Δt_{Tab} zwischen einem Zeitpunkt, bei dem der Zielgang vollständig eingelegt ist, und einem Zeitpunkt, bei dem die Kupplung (14) den Greifpunkt erreicht, und/oder
 - dem Ergebnis des genannten Vergleichs und/oder
 - einem Fehlschlagen des Einlegens des Zielgangs verändert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Steuerungseinrichtung (17) den Sollverlauf der Kupplungsposition in Abhängigkeit des genannten Vergleichs verändert.